利用生理生化参数评价水葫芦沼液浸种可行性初步研究

薛延丰[1,2,3]，石志琦[1,2,3]，严少华[4*]，郑建初[4*]，常志州[4*]

（1. 江苏省农业科学院食品质量安全检测研究所，江苏 南京 210014；2. 江苏省食品质量安全重点实验室—省部共建国家重点实验室培育基地，江苏 南京 210014；3. 农业部食品安全监控重点开放实验室，江苏 南京 210014；4. 江苏省农业科学院农业资源与环境研究所，江苏 南京 210014）

摘要：以青菜为材料，研究了不同浓度水葫芦沼液进行青菜种子浸种后对种子发芽、生长、叶绿素含量及抗氧化酶活性的影响。结果表明，沼液浸种可以提高种子的发芽势和发芽率，但与对照相比差异不显著；发芽指数和活力指数随着沼液处理浓度的增加与对照相比显著增加；随着处理沼液施用浓度的增加，青菜的根长逐渐增加，Z1 和 Z4 处理株高与对照相比，虽然有所增加，但与对照差异不显著；株高、鲜重和干重的变化趋势相似，随着沼液处理浓度的增加，株高、鲜重和干重的增加幅度也随之增大，当使用全沼液进行处理后虽然有所降低，但与对照相比显著增加。青菜体内的叶绿素含量、抗氧化酶 SOD、POD 和 CAT 活性与对照相比显著增加，当使用全沼液处理后，叶绿素含量与抗氧化酶活性虽然有所降低，但与对照相比显著增加。因此，生理生化参数可作为评判水葫芦沼液浸种可行性的指标之一。

关键词：水葫芦；沼液；青菜；发芽；抗氧化酶

中图分类号：S555^{+}.501；Q946　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1004-5759(2010)05-0051-06

随着工业的快速发展，水体富营养化现象加剧[1,2]。我国淡水水体的富营养化状况更加广泛、严重，约有 60%[3]，其中滇池、太湖、巢湖等著名湖泊正遭受严重的富营养化危害。但自 20 世纪 80 年代以来，入湖污染物不断增加，富营养化日趋严重，导致湖内蓝藻（*Microcystis aeruginosa*）大量繁殖，形成严重的蓝藻“水华”现象[4,5]。近几十年的研究发现水生植物净化系统具有净化效果佳、造价低、运行管理方便、景观和生态效益好等优点[6]。其中，水葫芦（*Eichhornia crassipes*）是研究最早、最深入。也是实际生态修复工程中应用较广的水生植物[7]。

水葫芦，学名凤眼莲，原产于南美洲，属雨久花科，因在每个叶柄中部都有一个膨大似葫芦的球状体而得名。具有发达的水下根系。水葫芦喜欢高温湿润。水葫芦庞大的根须不断地吸收水中的污染物，其惊人的繁殖速度造就了超强的净化水质的本领。水葫芦的资源化利用成了人们关注的热点，通常水葫芦可作为饲料直接利用，或者发酵后作为有机肥进行利用，研究发现水葫芦体内富含氮磷钾，其中含 N 6.56%，P 0.84%，K 12.32%，Ca 4.58%，Mg 1.58%，Fe 0.671%，Mn 0.446%，C/N 接近 15，水葫芦发酵液几乎含有植物生长的所有营养元素[8]。还有研究发现，水葫芦发酵液具有促进作物生长、抗病虫害等功效，利用生物质厌氧发酵形成的发酵液被誉为是一种优质的有机肥料和广谱性的生物农药，其商品化价值巨大[9]。那么水葫芦发酵后的沼液如何进行合理利用，还没有得到更多的研究。考虑到该项目是在江苏省进行，水葫芦主要是净化太湖水体，对其产生的沼液要就近使用，而青菜（*Brassica rapa*）又是江苏省相对日常消费量较多的一种蔬菜，为探求沼液的合理利用，故本试验选取青菜为研究对象，利用生理生化参数进行了青菜种子发芽率、发芽势、发芽指数、活力指数、生物量、叶绿素含量和抗氧化酶活性变化的研究，同时对种子发芽参数和生长参数变化与叶片叶绿素含量变化的相关性进行了分析，以期为水葫芦沼液浸种的可用性提供相应的技术支持。

1　材料与方法

1.1　材料和处理

供试蔬菜：青菜（绿领矮抗 1 号）；供试沼液取自江苏省农业科学院水葫芦发酵后产生的沼液，其中 pH 值为

收稿日期：2009-10-23；改回日期：2009-12-08

基金项目：国家科技支撑项目（2009BAC63B02）资助。

作者简介：薛延丰（1978-），男，河南孟州人，博士。E-mail：xueyanfeng@jaas.ac.cn

*通讯作者。

7.06，含全 N、全 P、全 K 分别为 0.75，0.22，0.15 g/kg。

青菜种子用 0.3% 的 H_2O_2 消毒 12 h，用蒸馏水洗净后将种子平铺于干燥的培养皿中，晒种 2 d，6 h/d，每日不定时翻动 3～4 次。将晒好的种子进行浸种处理，浸种 5～6 h 后将种子捞出，清水洗净，晾干[10]，挑选均一、形态正常晒好的种子置于铺 3 层滤纸的培养皿（直径 15 cm）中，每皿 100 粒，设置 3 个重复，发芽后光照时间 12 h，温度（19±1）℃。第 1 天向各培养皿中加入 20 mL 不同浓度处理液，使滤纸完全浸湿，每日补充等量蒸发掉的溶液以保持滤纸湿润。处理 7 d 后，将其收获，用于生理生化指标测定。

具体浸种处理如下：CK，即对照，蒸馏水；Z1，是蒸馏水：沼液＝1：1；Z2，是蒸馏水：沼液＝1：1.5；Z3，是蒸馏水：沼液＝1：2；Z4，是全沼液。

1.2 测定方法

鲜重、干重、株高和根长测定：试验结束后，每皿随机挑取 6 棵生长状况较一致的幼苗，然后用去离子水洗净吸干后测量其株高、根长和鲜重（fresh weight，FW），将植株样品经 110℃杀青 30 min，75℃烘干至恒重，称其干重[11]。

种子发芽指标的测定和计算：根据发芽试验期间的记录，计算各项发芽指标。

$$发芽势(GE)=前\ 3\ d\ 发芽种子数/种子总数\times 100\%$$

$$发芽率(GP)=7\ d\ 发芽种子数/种子总数\times 100\%[12]$$

$$发芽指数(GI)=\sum Gt/Dt$$

式中，Gt 指在时间 t 日内的发芽数，Dt 为相应的发芽天数。

$$活力指数(VI)=\sum Gt/Dt\times 幼苗生长势(长度单位：cm)$$

$$幼苗生长势=预选时间内供试种子平均芽长+平均根长$$

式中，芽长：发芽第 7 天量取的幼苗芽长；根长：发芽第 7 天量取的幼苗根长[13,14]。

叶绿素含量：处理 7 d 后，取 0.2 g 左右叶片，用 WFZ UV-4802H 紫外可见分光光度计[龙尼柯（上海）仪器有限公司]，参照 Wellburn[15] 的方法进行测定。

抗氧化酶活性：测定参照 Xue 和 Liu[16] 的方法。取幼苗 0.5 g 左右，加入 5 mL 预冷的 65 mmol/L pH 7.8 磷酸缓冲液[内含 1% 聚乙烯吡咯烷酮（PVP）]于冰浴研磨，在 4℃下 10 000 r/m 离心 20 min，上清液为酶液。超氧化物歧化酶（SOD）活性测定采用 NBT 法，以抑制 NBT 光化还原的 50% 为 1 个酶活性单位 1 U 表示；SOD 活力除以相应蛋白质含量得到 SOD 活力比。过氧化物酶（POD）活力采用愈创木酚法，以每分钟内 A_{470} 变化 0.01 为 1 个过氧化物酶活性单位（U）；过氧化氢酶（CAT）活性采用过氧化氢法测定，以每分钟内 A_{240} 变化 0.01 为 1 个过氧化物酶活性单位（U）。蛋白质含量的测定参考 Bradford[17] 的方法。

1.3 统计分析

运用 Excel 和 SPSS 生物统计软件进行相关数据分析。

2 结果与分析

2.1 沼液对青菜种子发芽的影响

使用水葫芦沼液不同用量浸种对青菜种子发芽有不同的影响（表 1）。发芽势随着沼液使用量的增加呈现出先增加而后降低的趋势；Z1、Z2、Z3 和 Z4 分别比对照高 0.4%，1.8%，4.8% 和 1.8%，虽然使用沼液浸种处理的发芽势均比对照高，但是差异均不显著。发芽率的变化趋势与发芽势相同。

就发芽指数而言，Z1 处理比对照高 6.1%，与对照差异显著；Z2 处理比对照高 9.1%，与对照相比发芽指数显著增加；Z3 处理发芽指数最高，比对照高 15.8%，显著大于对照；Z4 处理使得发芽指数有所降低，与 Z3 相比显著降低，与对照相比大于对照，比对照高 6.1%，但差异不显著。活力指数的变化趋势与发芽指数相同。

2.2 沼液对青菜生长的影响

在非全沼液处理下，植株的生长（株高、根长、鲜重和干重）随着沼液施用量的增加而增加；当为全沼液时，植株的生长降低（表 2）。就株高而言，Z1 和 Z2 分别比对照增加了 11.4% 和 18.6%，与对照差异显著；其中 Z3 处理效果最为显著，株高比对照增加了 22.0%，显著大于对照；当在 Z4 处理下，株高与 Z2 和 Z3 相比有所降低，但差

异不显著，与对照相比显著增加。就根长而言，Z1、Z2 和 Z4 处理下，植株的根长均有所增加，但与对照相比差异不显著；而 Z3 处理的青菜根长最长，比对照增加了 23.1%，显著大于对照。鲜重和干重的变化趋势与株高相似，但是 Z1 处理的鲜重和干重与对照相比差异不显著。说明用适量的水葫芦沼液对青菜种子进行浸种处理，有助于植株的生长。

表 1　不同浸种处理对青菜种子发芽的影响

Table 1　Effects of biogas slurry soaking seeds on the germination of Chinese cabbage seeds

处理 Treatment	发芽势 Germinating viability (%)	发芽率 Germination percentage (%)	发芽指数 Germination index	活力指数 Vigor index
CK	90.67±1.53 a	94.33±0.58 a	165±2.97 c	1 693±59.44 d
Z1	91.00±2.00 a	96.67±0.58 a	177±7.74 b	1 703±47.96 c
Z2	92.33±1.53 a	97.00±0.60 a	180±6.38 ab	1 867±92.74 b
Z3	95.00±1.00 a	98.33±2.08 a	191±5.36 a	2 064±61.70 a
Z4	92.33±2.62 a	96.67±1.08 a	175±8.06 b	1 796±98.17 bc

注：同列不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$），下同。

Note: The different letters in the same column mean the significant difference at $P<0.05$, the same below.

表 2　不同浸种处理对青菜生长及生物量的影响

Table 2　Effects of biogas slurry soaking seeds on the growth and biomass in Chinese cabbage

处理 Treatment	株高 Shoot height (cm)	根长 Root length (cm)	鲜重 Fresh weight (mg)	干重 Dry weight (mg)
CK	2.36±0.18 c	7.32±0.12 b	20.50±2.50 c	1.43±0.11 c
Z1	2.63±0.29 b	7.39±1.08 b	21.80±1.20 c	1.53±0.19 c
Z2	2.80±0.03 ab	7.75±0.26 b	24.60±3.00 ab	1.79±0.19 ab
Z3	2.88±0.24 a	9.01±0.52 a	26.90±5.10 a	1.84±0.32 a
Z4	2.81±0.33 ab	7.54±0.55 b	23.70±4.50 b	1.65±0.19 b

2.3　沼液对青菜体内叶绿素含量的影响

叶绿素含量随着沼液比例的增加而呈现出先增大后降低的趋势（表 3）。其中以 Z3 处理下青菜体内叶绿素含量最高，比对照增加了 47.0%，显著大于对照；在 Z1 和 Z2 处理下的青菜体内叶绿素含量与对照相比显著增加，分别比对照增加了 13.2%和 17.5%；当施用全沼液 Z4 进行处理时，与 Z3 相比显著降低，但与对照相比显著增大。

就叶绿素 a 和叶绿素 b 的比值而言（表 3），叶绿素 a 和叶绿素 b 的比值与对照相比均无显著差异，这说明就同一个品种而言，其叶绿素 a 和叶绿素 b 的比值是相对稳定的。

表 3　不同浸种处理对青菜幼苗叶绿素含量及叶绿素 a/叶绿素 b 的影响

Table 3　Effects of biogas slurry soaking seeds on the chlorophyll content and ratio of Chl a/Chl b in Chinese cabbage

处理 Treatment	叶绿素含量 Chlorophyll content (mg/g FW)	叶绿素 a/b Chl a/Chl b
CK	0.186 0±0.010 2 c	3.122 0±0.837 1 a
Z1	0.210 6±0.021 9 b	3.489 9±0.274 0 a
Z2	0.218 6±0.036 0 b	3.508 6±0.338 5 a
Z3	0.273 5±0.038 7 a	3.590 2±0.238 9 a
Z4	0.215 6±0.009 2 b	3.498 0±0.346 0 a

2.4　沼液对青菜体内抗氧化酶活性的影响

SOD、POD 和 CAT 3 种抗氧化酶活性随着沼液处理浓度的增加变化不同（图 1）。SOD 活性（图 1A）随着沼液处理浓度的增加与对照相比呈现出先增加后降低的趋势，在低浓度沼液浸种处理下，SOD 活性与对照相比显著增加，是对照的 1.94 倍；当处于 Z2 处理下时，SOD 活性是对照的 3.84 倍，与对照差异显著；随着沼液处理浓度的进一步增加，SOD 活性与对照相比显著增加，是对照的 4.10 倍；当施用全沼液进行浸种处理时，SOD 活性有

所降低，但与对照相比差异显著，是对照的 1.95 倍。POD 活性(图 1B) 变化趋势与 SOD 活性变化趋势相同，在低浓度沼液浸种处理下，POD 活性是对照的 1.63 倍，与对照相比显著增加；当处于 Z2 处理下时，POD 活性是对照的 2.55 倍，显著大于对照；随着沼液处理浓度的进一步增加，POD 活性达到最大，是对照的 2.70 倍，与对照相比显著增加；当施用全沼液进行浸种处理时，POD 活性降低，仅为对照的 1.45 倍，但与对照相比差异显著。CAT 活性(图 1C) 随着沼液处理浓度的增加而呈现出的变化趋势与 SOD 和 POD 相似，在低浓度沼液浸种处理下，CAT 活性与对照相比显著增加，是对照的 1.60 倍；随着沼液处理浓度的增加，CAT 活性显著增加，是对照的 2.50 倍；当处于 Z3 处理下，CAT 活性最大，是对照的 4.41 倍，显著大于对照；当用全沼液 Z4 处理时，CAT 活性降低，为对照的 1.86 倍，但与对照相比差异显著。说明适宜浓度的沼液进行浸种处理，可以有效增加植株体内抗氧化酶活性。

2.5 叶绿素含量与种子发芽参数和生长参数变化的相关性分析

试验结果显示，随着沼液浓度增加，叶绿素含量显著上升，同时引起种子发芽参数和生长参数的明显变化。对叶绿素含量与发芽参数和生长参数变化进行的相关性分析结果显示(表 4)。叶片叶绿素含量的下降与发芽势、发芽指数、活力指数、根长和鲜重的变化均呈正相关关系。从时间上看，发芽势、发芽指数、活力指数、根长和鲜重变化同步于叶绿素含量的变化。

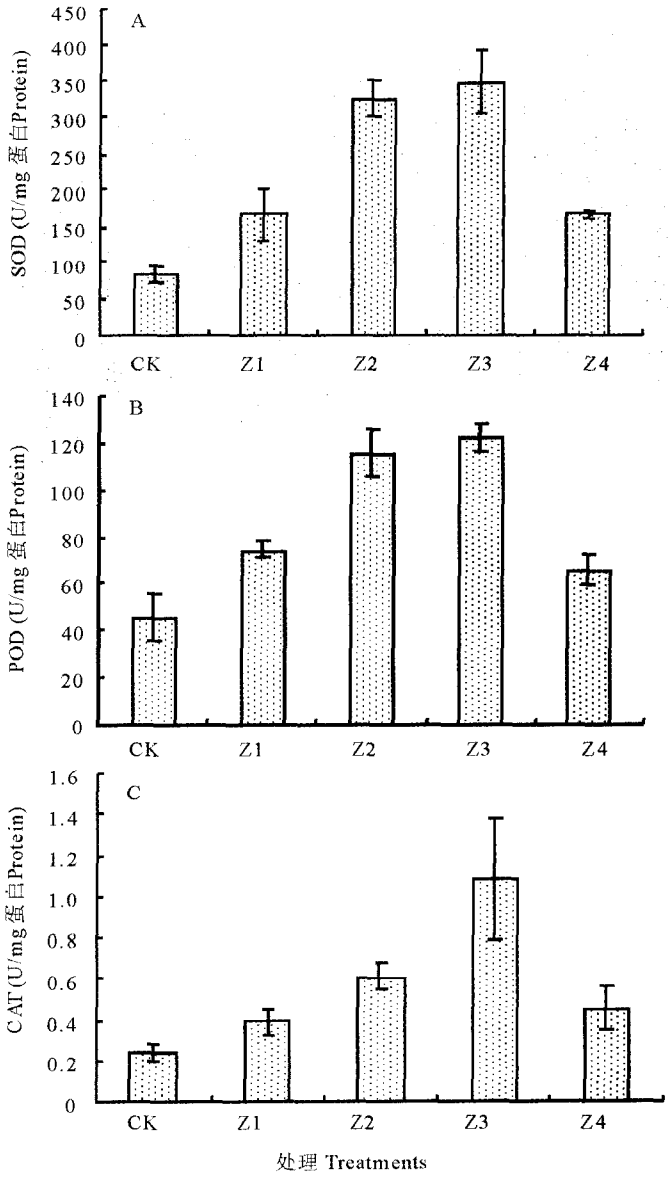

图 1 不同浸种处理对青菜体内 SOD(A)、POD(B) 和 CAT(C)活性的影响

Fig. 1 Effects of biogas slurry soaking seeds on the ability of SOD (A), POD (B) and CAT (C) of Chinese cabbage seedlings

3 讨论

种子萌发是植物生命开始的重要事件，也是植物最早接受环境胁迫的阶段。本试验结果表明，发芽势和发芽率均随着沼液使用量的增加呈现出先增加而后降低的趋势(表 1)，使用沼液浸种处理的发芽势和发芽率均比对照高，但是差异均不显著；而发芽指数和活力指数随着沼液处理浓度的增加与对照相比显著增加。在沼液浸种过程中，沼液中的各种营养物质和微生物分泌的多种活性物质被种子吸收后，能够激活种子胚乳中酶的活性，促进胚细胞分裂，刺激种子生长发育[18]。

种子萌发后，幼苗的株高、根长、鲜重和干重受到不同程度的影响。随着处理沼液施用浓度的增加，青菜的根长逐渐增加，Z1 和 Z4 处理株高与对照相比，虽然有所增加，但与对照差异不显著；株高、鲜重和干重的变化趋势相似，随着沼液处理浓度的增加，株高、鲜重和干重的增加幅度也随之增大，当使用全沼液进行处理后虽然有所降低，但与对照相比显著增加。沼液浸种后能促进青菜生长和产量提高，是因为沼液中含有丰富的营养物质和大量的蛋白质、氨基酸、维生素等生物活性物质[19]，这些活性物质易于被作物吸收，向作物提供营养。同时这些物质

还可以促进植物根系发育，增强植株的抗病能力，提高产量[20,21]。而高量沼液处理使得其生长和产量降低，这些与前人研究结果相同[22-24]。

植物叶片叶绿素含量是直接反映植物光合能力的一个重要指标[25,26]，同时植物体内 SOD、POD 和 CAT 等清除活性氧的酶类活性较强，可及时清除植物受环境胁迫时产生的过量活性氧，从而使活性氧的产生和清除保持一种动态平衡[11,13]。本试验研究表明，通过沼液浸种之后，青菜体内的叶绿素含量、抗氧化酶 SOD、POD 和 CAT 活性与对照相比显著增加，当使用全沼液处理后，叶绿素含量与抗氧化酶活性虽然有所降低，但与对照相比显著增加。这说明沼液中的活性物质在提供营养的同时，增加了植株自身的防御能力。同时也说明沼肥的施用有一定的浓度限制，高浓度的沼肥未必能达到更好的效果。

表 4　叶绿素含量与种子发芽参数和生长参数变化的相关性分析

Table 4　Correlations analysis of seed germination parameters and growth indexes with chlorophyll content

参数 Parameters	公式 Formula	R^2 值 R^2 value
发芽势 Germinating viability	$y=0.018\ 2x-1.461\ 1$	0.937 3
发芽指数 Germination index	$y=0.003\ 3x-0.364\ 9$	0.945 5
活力指数 Vigor index	$y=0.000\ 2x-0.145\ 7$	0.900 9
根长 Root length	$y=0.044\ 6x-0.126\ 8$	0.930 4
鲜重 Fresh weight	$y=0.012\ 0x-0.062\ 1$	0.868 6

综上所述，叶片叶绿素含量与种子发芽参数和生长参数变化相一致，且呈正相关关系，有可能作为评判水葫芦沼液浸种可行性的生理指标。但由于不同沼液的生理性状可能很不相同，本次试验选用的沼液只有水葫芦 1 个，研究结果还有待于用更多种类的沼液来进行验证。

参考文献：

[1] Crush J R, Briggs L R, Sprosen J M, *et al*. Effect of irrigation with lake water containing microcystins on microcystin content and growth of ryegrass, clover, rape, and lettuce[J]. Environmental Toxicology, 2008, 23(2): 246-252.

[2] Leão J C, Geracitano L A, Monserrat J M, *et al*. Microcystin-induced oxidative stress in *Laeonereis acuta* (Polychaeta, Nereididae)[J]. Marine Environmental Research, 2008, 66: 92-94.

[3] 张维昊，徐晓清，丘昌强. 水环境中微囊藻毒素研究进展[J]. 环境科学研究，2001，14(2)：57-61.

[4] 张梅，李原，王若南. 滇池浮游植物的生物多样性调查研究[J]. 云南大学学报(自然科学版)，2005，27(2)：170-175.

[5] 杨苏，陈朝银，赵声兰，等. 滇池蓝藻资源综合利用的研究进展[J]. 云南化工，2006，33(3)：49-53.

[6] Shutes R B E. Artificial wetlands and water quality improvement[J]. Environment International, 2001, 26: 441-447.

[7] 张文明，王晓燕. 水葫芦在水生态修复中的研究进展[J]. 江苏环境科技，2007，20(1)：55-58.

[8] Gunnarsson C C, Petersen C M. Water hyacinths as a resource in agriculture and energy production: A literature review[J]. Waste Management, 2007, 27(1):117-129.

[9] 张翔，余建峰，刘金盾，等. 不同接种物对牛粪高温厌氧发酵的影响[J]. 广西师范大学学报(自然科学版)，2007,25(1):78-81.

[10] 高义海. 沼液浸种技术[J]. 辽宁农业职业技术学院学报，2007，9(4)：29-30.

[11] 薛延丰，李慧明，石志琦. 微囊藻毒素(MC－RR)对白三叶种子萌发及幼苗生理生化特性影响[J]. 草业学报，2009，18(6)：180-185.

[12] 高承芳，翁伯琦，王义祥，等. 铝、镁离子胁迫下决明对百喜草的化感作用[J]. 草业学报，2009，18(5)：40-45.

[13] 姜义宝，郑秋红，王成章，等. 超干贮藏对菊苣种子活力与抗氧化性的影响[J]. 草业学报，2009，18(5):93-97.

[14] 杨美红，赵祥. $La(NO_3)_3$ 对达乌里胡枝子种子活力的影响[J]. 草业科学，2009，26(9):170-172.

[15] Wellburn A R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids using various solvents with spectrophotometers of different resolution[J]. Journal of Plant Physiology, 1994, 144: 307-313.

[16] Xue Y F, Liu Z P. Antioxidative enzymes and physiological characteristics in two Jerusalem artichoke cultivars under salt stress[J]. Russian Journal of Plant Physiology, 2008, 55(6): 776-781.

[17] Bradford M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein using the principle of protein-dye binding[J]. Annual Biochemistry, 1976, 72: 248-254.

[18] 张秋月. 沼液在作物浸种和催芽中的应用[J]. 河北农业科技, 2008, 3: 40.
[19] 王金花. 沼气发酵生态系统与残留物综合利用技术研究[D]. 北京: 中国农业大学水利与土木工程学院, 2005.
[20] 王远远, 沈飞, 刘荣厚, 等. 沼肥对小白菜产量及品质的影响[J]. 可再生能源, 2007, 25(5): 40-44.
[21] 董晓涛. 沼液对果菜类蔬菜生长发育调控机制研究[D]. 长春: 吉林农业大学园艺学院, 2004.
[22] 杨闯, 徐文修, 李钦钦, 等. 沼液浸种对陆地棉生长及产量的影响[J]. 新疆农业科学, 2009, 46(1): 138-141.
[23] 冉启英. 沼液浸种、施肥在生姜生产上的对比试验[J]. 现代农业科技, 2008, 19: 28-29.
[24] 张学军, 刘琼, 刘勇. 沼液浸种和追施对辣椒产量影响[J]. 耕作与栽培, 2008, 3: 44-45.
[25] Willekens H, Van Camp W, Van Montagu M, *et al*. Ozone, sulfur dioxide, and ozone ultraviolet-B have similar effect on mRNA accumulation of antioxidant genes in *Nicotiana plumbaginifolia* L[J]. Plant Physiology, 1994, 106: 1007-1014.
[26] 周芬, 曾长立, 王建波. 外源钙降低拟南芥幼苗盐害效应[J]. 武汉植物学研究, 2004, 22(2): 179-182.

A preliminary study of assessing the feasibility of using physiological and biochemical parameters to assess water hyacinth biogas slurry for soaking seeds to improve germination characteristics

XUE Yan-feng[1,2,3], SHI Zhi-qi[1,2,3], YAN Shao-hua[4], ZHENG Jian-chu[4], CHANG Zhi-zhou[4]
(1. Institute of Food Quality and Safety, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China; 2. Key Lab of Food Quality and Safety of Jiangsu Province—State Key Laboratory Breeding Base, Nanjing 210014, China; 3. Key Lab of Agro-Food Safety and Quality, Ministry of Agriculture, Nanjing 210014, China; 4. Institute of Agricultural Resources and Environment, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China)

Abstract: The seeds of Chinese cabbage (*Brassica rapa*) were soaked in a range of concentrations of biogas slurry from water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) fermentation. The effects of the slurry on seed germination, growth, chlorophyll content and changes of antioxidant enzymes in Chinese cabbages were studied. The germination energy and germination percentage increased with an increase of biogas slurry concentration, but the differences were not significant compared with the controls. The germination index and vigor index increased markedly with an increased concentration of biogas slurry. With the exception of Z1 and Z4, the root lengths increased significantly compared with the controls as did shoot height, fresh weight and dry weight: All these parameters increased markedly with an increase of biogas slurry concentration. Although the parameters decreased in the treatment of purified biogas slurry, they were significantly different from the control. The trend of chlorophyll content and antioxidant enzyme activities changed as for the growth parameters. Therefore, the physiological and biochemical parameters could be used as a simple index for quickly assessing the feasibility of soaking seeds in water hyacinth biogas slurry to improve germination.

Key words: Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*); biogas slurry; Chinese cabbage (*Brassica rapa*); germination; antioxidant enzyme